

Antonín LOKAJ¹, Kristýna VAVRUŠOVÁ²

DESTRUKTIVNÍ TESTOVÁNÍ VYBRANÝCH DRUHŮ LISTNATÉHO ŘEZIVA MALÝCH KONSTRUKČNÍCH ROZMĚRŮ

Abstract

Content of this article is physical and mechanical deciduous timber properties determination using destructive testing and single testing correlative factor assesment.

1 ÚVOD

V současné době dochází, díky cenové dostupnosti a výborným materiálovým charakteristikám, k stále většímu užití dřeva a materiálů na jeho bázi pro stavební účely. Vedle klasického smrkového řeziva se začíná používat i řezivo listnatých stromů, mezi jehož nejčastěji užívané zástupce patří řezivo bukové a dubové a z tohoto důvodu byly pro testování vybrány soubory vzorků těchto dřevin.

2 SOUBORY VZORKŮ

Pro stanovení fyzikálních a mechanických materiálových charakteristik byly sestaveny dva soubory vzorků:

- soubor vzorků bukového řeziva – 60 ks – rozměry: 40*50*1000 mm;
- soubor vzorků dubového řeziva – 60 ks – rozměry: 50*50*1000 mm.

Tyto soubory vzorků byly sestaveny na základě vizuálního zařídění dle platných norem pro daný druh dřeviny (Tab. 1).

Tabulka 1: Vizuální zařídění vybraných souborů vzorků

| Druh řeziva | Norma | Posuzovaný typ | Vizuální třída |
|-------------|-------------------|--------------------------------------|----------------|
| Buk | ČSN EN 975-1 + A1 | Opracované řezivo (vlhkost: 12% ±2%) | F-D A |
| Dub | ČSN EN 975-1 + A1 | Dubový hranol | Q-P A |

3 TESTOVÁNÍ LISTNATÉHO ŘEZIVA

Stanovení hustoty

Hustota byla stanovena ze skutečných rozměrů a hmotností vzorků a následně byla převedena dle kritérií ČSN EN 384 na hustotu při 12% vlhkosti.

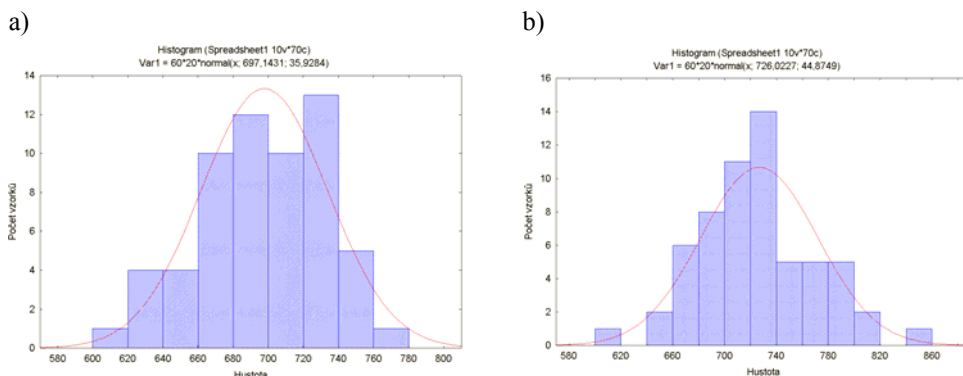
Hustota byla při vlhkosti dřeva větší než 12% redukována o 0,5% pro každé procento rozdílu vlhkosti dřeva a při vlhkosti menší než 12% zvětšena o 0,5% pro každé procento rozdílu vlhkosti dřeva.

¹ Doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 302, e-mail: atonin.lokaj@vsb.cz.

² Ing. Kristýna Vavrušová, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 375, e-mail: kristyna.vavrusova@vsb.cz.

Pro měření vlhkosti vzorků souboru byly užity dotykové vlhkoměry WNT 650, WHT 860 a FMW-B. Průměrná hodnota vlhkosti souboru vzorků bukového řeziva byla 12,7% a dubového řeziva 9,0%.

Na základě naměřených hodnot byla spočtena hustota vzorů při 12% vlhkosti. U bukového řeziva je průměrná hodnota hustoty 697 kg.m^{-3} a pro dubové řezivo 726 kg.m^{-3} (Obr. 1 a) b)).



Obr. 1: Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením hustoty při 12% vlhkosti a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

Pevnost v ohybu

Pro stanovení pevnosti v ohybu byla provedena zatěžovací zkouška na hydraulickém lisu EU 40 (Obr. 2) dle zatěžovacího schématu a podmínek ČSN EN 408.



Obr. 2: Hydraulický lis EU 40

Na základě hodnot získaných z ohybové zkoušky je pevnost v ohybu určena dle následujícího vzorce, který uvádí ČSN EN 408:

$$f_m = \frac{a \cdot F_{\max}}{2 \cdot W} \quad [\text{MPa}], \text{ kde} \quad (1)$$

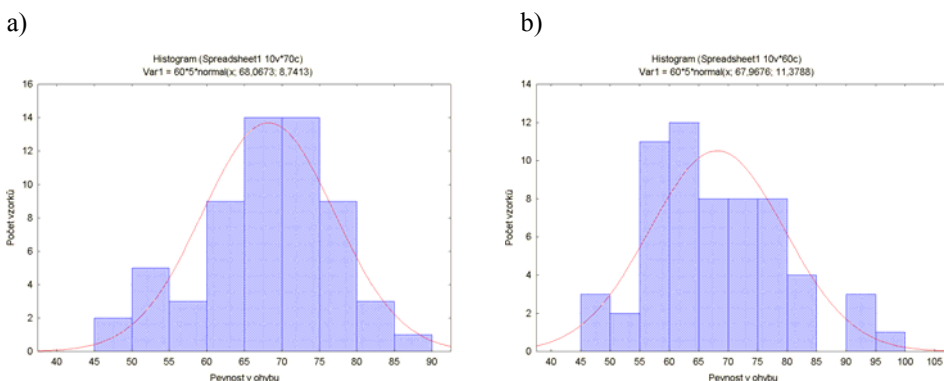
F_{\max} ... je největší zatížení;
 W ... modul průřezu vzorku;
 a ... vzdálenost zatěžovacího břemene od bližší podpěry.

Hodnota pevnosti v ohybu určena dle vzorce v ČSN EN 408 je dále redukována dle kritérií normy ČSN EN 384 na výšku $h = 150$ mm dělením součinitelem:

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2}, \text{ kde} \quad (2)$$

h ... výška průřezu vzorku.

Redukovaná pevnost v ohybu bukového řeziva se pohybuje v rozmezí 45 – 90 MPa a průměrná hodnota je 68,01 MPa. U dubového řeziva se pevnost v ohybu pohybuje v rozmezí 45 – 100 MPa s průměrnou hodnotou 67,97 MPa.



Obr. 3: Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením pevnosti v ohybu
a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

Pro možnost zatřídění listnatého řeziva do pevnostních tříd dle ČSN EN 338 je nutno stanovit charakteristickou hodnotu pevnosti v ohybu f_k dle ČSN EN 384 ze vzorce:

$$f_k = f_{05} \cdot k_s \cdot k_v \text{ [MPa]}, \text{ kde} \quad (3)$$

- f_{05} ... průměr hodnot 5procentních kvantilů pro každý výběr;
- k_s ... součinitel zohledňující počet výběrů a jejich rozsah (pro jeden výběr o 60 vzorcích $k_s = 0,815$);
- k_v ... součinitel uvažující nižší variabilitu hodnot f_{05} pro strojně tříděné dřevo v porovnání s vizuálně tříděným dřevem (pro vizuální zatřídění $k_v = 1,0$).

Dosazením do vzorce (3) získáme charakteristickou hodnotu pevnosti v ohybu pro bukové dřevo $f_k = 43,34$ MPa a pro řezivo dubové $f_k = 40,62$ MPa.

Modul pružnosti v ohybu

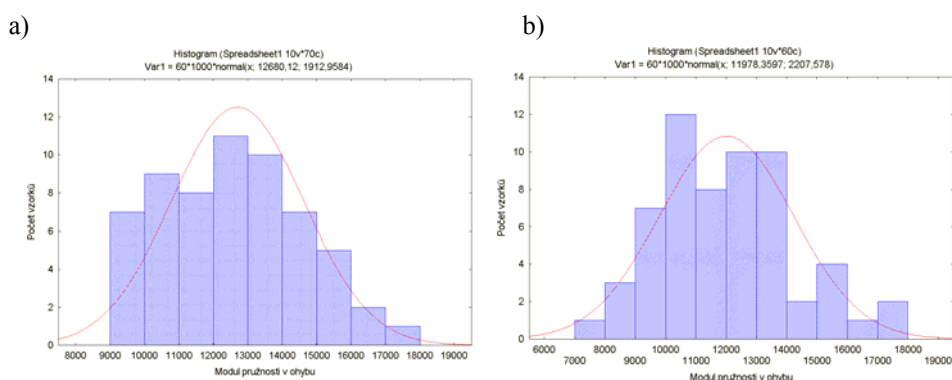
Zatěžovací schéma pro získání modulu pružnosti v ohybu je shodné se zatěžovacím schématem pro získání pevnosti v ohybu.

Na základě hodnot získaných z ohybové zkoušky dle ČSN EN 408, je určen modul pružnosti v ohybu dle následujícího vzorce, za předpokladu $E/G = 16$:

$$E_m = \frac{5 \cdot F_{\max} \cdot L^3}{162 \cdot I_y \cdot u} + \frac{16 \cdot \kappa \cdot F_{\max} \cdot L}{3 \cdot A \cdot u} \text{ [MPa]}, \text{ kde} \quad (4)$$

F_{\max} ... je největší zatížení;
 L ... vzdálenost mezi podporami;
 I_y ... moment setrvačnosti vzorku;
 u ... průhyb pod zatěžovacím břemenem;
 κ ... součinitel;
 A ... plocha průřezu vzorku.

Pro bukové řezivo se modul pružnosti v ohybu pohybuje v rozmezí 9 000 – 18 000 MPa s průměrnou hodnotou 12 680 MPa. U dubového řeziva jsou hodnoty modulu pružnosti v ohybu v rozmezí 7 000 – 18 000 s průměrnou hodnotou 11 978 MPa (Obr. 4).



Obr. 4: Histogram naměřených hodnot a aproximace Gaussovým rozdělením modulu pružnosti v ohybu a) bukového řeziva, b) dubového řeziva

U bukového řeziva došlo při ohybové zkoušce v 86% k porušení trámu v tahové oblasti a u 14% trámů došlo primárně k porušení v tlakové oblasti (Obr. 5). U řeziva dubového došlo k primárnímu porušení v tlakové oblasti pouze u 4% vzorků a v 96% v oblasti tahové (Obr. 6).



Obr. 5: Porušení bukového řeziva v tlakové oblasti



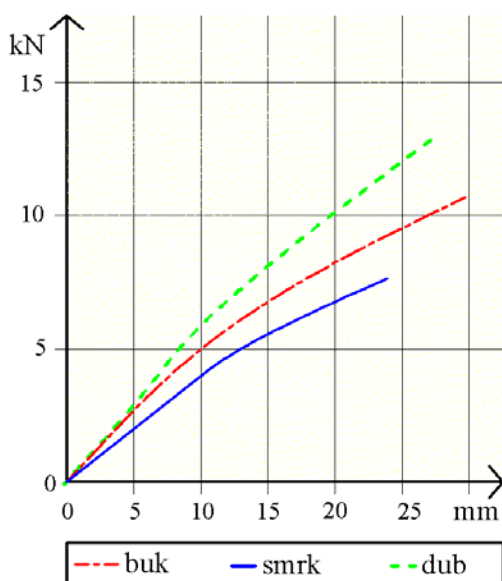
Obr. 6: Porušení dubového řeziva v tahové oblasti

4 ZATĚŽOVACÍ KŘIVKY

Zatěžovací křivka vykresluje závislost přetvoření na velikosti působící síly v místě pod zatěžovacím břemenem.

Na základě zatěžovacích křivek, získaných při ohybové zkoušce, byla stanovena průměrná zatěžovací křivka celého souboru vzorků v místě pod zatěžovacím břemenem.

Na obrázku 7 jsou znázorněny průměrné zatěžovací křivky jednotlivých souborů vzorků. Pro srovnání je uvedena i křivka smrkového řeziva získána v předchozím měření na vzorcích obdobných rozměrů.



Obr. 7: Průměrné zatěžovací křivky

Z tohoto obrázku je patrné, že bukové i dubové řezivo vykazuje téměř shodný, lineární průběh zatěžovacích křivek pod zatěžovacím břemenem v oblasti do 40% maximálního zatížení. Dále pak při větším zatížení, vykazuje bukové řezivo větší průhyb při stejném zatížení jako řezivo dubové.

5 KORELACE ZÍSKANÝCH HODNOT

Pomocí programu Statistica byly určeny korelační součinitele jednotlivých měření (Tab. 2, Tab. 3).

Tabulka 2: Korelační součinitele fyzikálně-mechanických vlastností bukového řeziva

| | Hustota | Pevnost v ohybu | Modul pružnosti v ohybu |
|-------------------------|---------|--------------------|-------------------------------|
| Hustota | 1,00 | 0,53 | 0,52 |
| Pevnost v ohybu | 0,53 | 1,00 | 0,45 |
| Modul pružnosti v ohybu | 0,52 | 0,45 | 1,00 |

Tabulka 3: Korelační součinitele fyzikálně-mechanických vlastností dubového řeziva

| | Hustota | Pevnost v ohybu | Modul pružnosti v ohybu |
|-------------------------|---------|--------------------|-------------------------------|
| Hustota | 1,00 | 0,53 | 0,49 |
| Pevnost v ohybu | 0,53 | 1,00 | 0,83 |
| Modul pružnosti v ohybu | 0,49 | 0,83 | 1,00 |

Za základní korelační veličinu je brána hustota vzorku, neboť ta přímo vychází se skutečných rozměrů a hmotnosti vzorků. Z výše uvedených tabulek je patrné, že korelační součinitele pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu s hustotou jsou u obou druhů řeziva téměř shodné s hodnotou v rozmezí 0,49 – 0,53.

6 ZÁVĚR

Z výše uvedeného je patrné, že dubové řezivo vykazuje nižší hodnotu pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu při vyšší hustotě než řezivo bukové.

Na základě zjištěných charakteristických pevností v ohybu (bukové řezivo $f_k = 43,34$ MPa a dubové řezivo $f_k = 40,62$ MPa) lze tyto 2 testované druhy řeziva zařadit do pevnostní třídy D40 dle ČSN EN 338.

LITERATURA

- [1] ČSN EN 338 Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti, ČNI, říjen 2003.
- [2] ČSN EN 408 Dřevěné konstrukce – Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností, ČNI, únor 2004.
- [3] ČSN EN 384 Konstrukční dřevo – Zjišťování charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty, ČNI.
- [4] ČSN EN 975-1 +A1 Řezivo – Vizuální třídění listnatého dřeva – Část 1: Dub a buk. ČNI, leden 2001.
- [5] LOKAJ, A., VAVRUŠOVÁ, K., HURTA, J., Materiálové charakteristiky jehličnatého dřeva, In *SBORNÍK vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, vydavatel: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 1 – 4, ISBN 978-80-248-1661-6, ISSN 1213-1962.

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Jan Pajdla, L.A.Bernkop 1883, a.s., Frenštát pod Radhoštěm